บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) เป็นวิธีการป้องกันที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต เพื่อทำให้เชื่อมั่นได้ว่าจะสามารถออกแบบและผลิตสินค้าได้ตามความต้องการของลูกค้า ในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของข้อบกพร่องของการออกแบบและกระบวนการนั้น จะต้องมีการจัดตั้งทีมงานที่ทำหน้าที่หาข้อบกพร่องทางด้านศักยภาพที่ลูกค้าไม่พอใจ โดยในที่นี้ คำว่า "ลูกค้า" หมายรวมถึง ผู้บริโภคขั้นสุดท้าย , สายงานผลิตและประกอบ , แผนกบริการและแผนกอื่น ๆ รูปแบบตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบจะช่วยบอกว่าข้อบกพร่องใดที่มีคะแนนความเสี่ยงสูง เพื่อนำมาจัดลำดับว่าควรจะปรับปรุงการออกแบบหรือกระบวนการใดก่อน โดยมีจุดมุ่งหมายในการปรับปรุงคือ ลดคะแนนความเสี่ยงของข้อบกพร่องแต่ละข้อลง

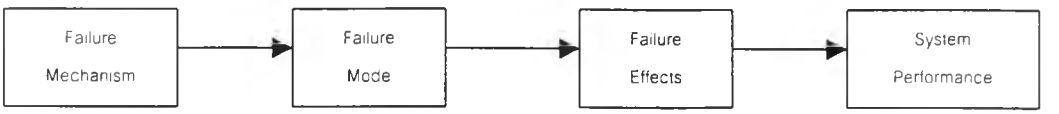
2.1.1 ความหมายและการใช้งานการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) เป็นการวิเคราะห์หาข้อขัดข้องที่เป็นไปได้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ สาเหตุและผลของข้อบกพร่องนั้น ๆ , วิธีในการตรวจหาและบ่งชี้ข้อบกพร่อง และวิธีป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องนั้น ๆ อีก ผลลัพธ์สุดท้ายของการวิเคราะห์นี้คือ แผนปฏิบัติเพื่อกำจัดไม่ให้เกิดหรือบรรเทาข้อบกพร่องทางกายภาพที่เกิดกับผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) เป็นการทำตารางระบบหน้าที่การทำงาน , อุปสรรคในระบบ (คน, เครื่องมือ, สิ่งแวดล้อม) , ข้อบกพร่องในแต่ละระบบที่เกิดกับผลิตภัณฑ์

ลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode) เป็นคำอธิบายสภาพกายภาพ ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่อง (Failure Mechanism) ส่วนผลกระทบของข้อบกพร่อง (Failure Effects) คือความเปลี่ยนแปลงของระบบซึ่งเป็นผลที่เกิดจากข้อบกพร่อง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ในการวิเคราะห์ลักษณะบกพร่องและผลกระทบ

การใช้งานการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

1. ใช้เมื่อมีการออกแบบสินค้าหรือกระบวนการใหม่ ๆ เพื่อชี้บ่งและหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นจากการออกแบบ
2. เมื่อต้องการหาสาเหตุการเกิดข้อขัดข้องในระบบที่มีอยู่และหาวิธีแก้ไข
3. ช่วยในการตัดสินใจหาทางเลือกที่เป็นไปได้ โดยพิจารณาเลือกค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้และประโยชน์ที่ได้จากทางเลือกนั้น
4. ใช้ในการวางแผนปฏิบัติการ เพื่อชี้บ่งความเสี่ยงในแผนกและหาวิธีที่จะหลีกเลี่ยงความเสี่ยงนั้น

2.1.2 รูปแบบของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

ความซับซ้อนของการออกแบบและข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดวิธีที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง วิธีดั้งเดิมในการวิเคราะห์มี 3 วิธี วิธีแรกเป็น ***การวิเคราะห์โดยพิจารณาฟังก์ชั่นการทำงาน*** *(Functional Level Analysis)* โดยยึดหลักที่ว่าอุปกรณ์ทุก ๆ ชิ้นถูกออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาที่ทุก ๆ ฟังก์ชั่นการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้นเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องต่อไป วิธีที่สองคือ ***การวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์*** *(Part Level Analysis)* จะต้องเขียนรายชื่ออุปกรณ์และวิเคราะห์หาข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ของอุปกรณ์แต่ละตัวออกมา ซึ่งวิธีที่สองนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์กรณีที่ซับซ้อน สำหรับวิธีที่สามคือการประยุกต์ใช้ทั้งสองวิธีคือ ***รวมการวิเคราะห์ฟังก์ชั่นและอุปกรณ์เข้าด้วยกัน*** ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อน ถึงแม้ทั้งสามวิธีจะมีการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน แต่ก็มีแนวทางการวิเคราะห์แบบเดียวกัน และสามารถเริ่มต้นทำที่ระดับใดของระบบก็ได้ จากนั้นจึงพัฒนาต่อไปโดยเพิ่มระดับความซับซ้อนโดยการวิเคราะห์ลงลึกไปยังองค์ประกอบแต่ละตัว หรือลดระดับความซับซ้อนโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบในระดับสูงขึ้นไป แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเริ่มวิเคราะห์ระบบโดยรวมก่อนแล้วจึงลงไปพิจารณาที่อุปกรณ์แต่ละตัว เช่น การวิเคราะห์ระบบทำความเย็นและการเจาะลึกวิเคราะห์อุปกรณ์ใน

ระบบทำความเย็นแต่ละตัว เช่น ปั๊ม , มอเตอร์ แท็งค์ เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์แบบนี้เป็นการวิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-Down Approach) ส่วนการวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน (Bottom-Up Approach) จะเป็นการวิเคราะหข้อบกพร่องขององค์ประกอบย่อยของระบบหรือระบบย่อยก่อน แล้วจึงพิจารณาระบบรวมต่อไป

2.1.2.1 Functional Level Analysis

การวิเคราะห์วิธีนี้มักใช้เมื่อไม่สามารถจำแนกอุปกรณ์การทำงานได้อย่างชัดเจน มีความซ้ำซ้อนหรือเมื่อระบบซับซ้อนมาก ๆ ต้องใช้การวิเคราะห์แบบบนลงล่างตามความซับซ้อนของระบบ วิธีนี้สามารถเริ่มที่ระดับใดของระบบก็ได้ จากนั้นขั้นต่อไปอาจพิจารณาขึ้นด้านบน (Bottom-Up Approach) หรือลงด้านล่าง (Top-Down Approach) ก็ได้

ขั้นตอนในการวิเคราะห์โดยพิจารณาฟังก์ชันการทำงานคือ

1. กำหนดระดับที่จะเริ่มวิเคราะห์ โดยจะต้องพิจารณาควบคู่กับทรัพยากรที่มีอยู่ด้วยว่าเพียงพอหรือไม่ เช่น ถ้าจะต้องการวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อนหลาย ๆ ระบบ และมีทรัพยากรที่จำกัด ก็ควรจะเลือกวิเคราะห์ที่ระดับบน ๆ คือพิจารณาที่ระบบย่อยหลัก ๆ ที่สำคัญมากกว่าที่จะไปพิจารณาอุปกรณ์ทุกชิ้นในระบบ
2. หลังจากที่ทำการวิเคราะห์อย่างกว้าง ๆ แล้ว ต่อมาก็คือการทำการวิเคราะห์อย่างละเอียดเฉพาะกับระบบย่อยที่มีคะแนนความเสี่ยงสูง (ในขั้นนี้อาจใช้เทคนิคพาเรโตไดอะแกรม) การวิเคราะห์ฟังก์ชั่นการทำงานเป็นการกรองระบบย่อยที่มีความสำคัญน้อยออกก่อน ซึ่งกระบวนการกรองนี้ทำให้เราได้ทรัพยากรที่มีจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำไปใช้ในการวิเคราะห์รายละเอียดของระบบย่อยที่สำคัญ การกลั่นกรองหลาย ๆ ครั้งโดยวิเคราะห์อย่างละเอียดขึ้นตามลำดับ จะนำไปสู่การวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์ (Part Level Analysis) ต่อไป

ข้อควรระวังในการวิเคราะห์แบบนี้คือ จะต้องตั้งสมมติฐานด้วยความรอบครอบระมัดระวังในขั้นตอนแรก ๆ เพื่อป้องกันการกำจัดระบบย่อยออกก่อนเวลาอันควร ถ้าได้ทำตามขั้นตอนครบถ้วน ผลที่ได้คือการวิเคราะห์ระบบอย่างสมบูรณ์ เป็นลำดับ เป็นระบบและใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์จุดบกพร่องและผลกระทบของระบบให้ความร้อนในบ้านโดยพิจารณาระดับฟังก์ชั่นหน้าที่การทำงาน

อุปกรณ์/ฟังก์ชั่นการทำงาน	จุดประสงค์ของอุปกรณ์/ฟังก์ชั่น	ข้อบกพร่อง	สาเหตุ	การตรวจสอบ	การชดเชย	ผลจากข้อบกพร่อง	วิธีการป้องกัน
โครงสร้างบ้าน	แยกพื้นที่ที่ถูกล้อมรอบออกจากองค์ประกอบภายนอก	ข้อบกพร่องในการรักษาความร้อนในบ้าน	ฉนวนความร้อนไม่ดีหรือมีรูปร่างผิด	การตรวจสอบ	ไม่มี	ระบบขัดข้องไม่สามารถรักษาความร้อนที่ได้รับจากแหล่งให้ความร้อนทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกไม่สบาย	ใช้ความร้อนที่สูญเสียมากที่สุดหรือการคำนวณหาอุณหภูมิภายนอกเพื่อประมาณฉนวนความร้อนที่จำเป็น
อุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้าหรือกาซ		ข้อบกพร่องจากไฟฟ้า	ไฟฟ้าดับเนื่องจากพายุ	การตรวจสอบ	เตาผิงเพื่อให้ความร้อน	การขาดแคลนการผลิตความร้อน	กำจัดแนวโน้มที่จะเกิดความเสี่ยงเช่นกิ่งไม้
ระบบเตาผิง	ให้ความร้อนในบ้าน	ข้อขัดข้องทางกายภาพ	ระบบก่อสร้างขัดข้อง. การติดตั้งผิดพลาด	การตรวจสอบ	อุปกรณ์ให้คามร้อนโดยใช้ไฟฟ้าหรือกาซ	ถ้าเกิดความขัดข้องร่วมกับอุปกรณ์ให้ความร้อนโดยไฟฟ้าบ้านจะไม่สามารถเก็บความร้อนได้เพียงพอสำหรับผู้อาศัย	จัดหาเชื้อเพลิงที่เป็นไม้แห้งมาเก็บไว้

2.1.2.2 Part Level Analysis

การวิเคราะห์วิธีนี้ ก่อนอื่นจะต้องมีการระบุอุปกรณ์ที่จะวิเคราะห์ก่อนและโดยปกติ รายละเอียดในการวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์จะครอบคลุมและละเอียดกว่าในการวิเคราะห์ฟังก์ชั่นการทำงาน

การวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์เริ่มจากการพัฒนารายการอุปกรณ์ (Hardware List) ซึ่งควรประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์แต่ละตัวเช่น

1. ลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์
2. คำบรรยายเกี่ยวกับอุปกรณ์
3. รายละเอียดหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์
4. รายชื่ออุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์นี้ และคำอธิบายการใช้งานร่วมกัน

พิจารณาต่อไปว่าอุปกรณ์ที่จะวิเคราะห์จะเกิดลักษณะข้อบกพร่องอย่างไรได้บ้าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะเกิดเหตุขัดข้องอย่างใดอย่างหนึ่งในสามอย่างนี้

1. **ข้อขัดข้องด้านความต้องการ** (Failure on Demand) อุปกรณ์ที่เหมาะสมจะเริ่มทำงาน เปลี่ยนสภาวะและทำหน้าที่ต่าง ๆ โดยใช้เวลาคงที่ค่าหนึ่ง ข้อขัดข้องในการตอบสนองในเวลาที่ต้องการนี้เป็นข้อขัดข้องด้านความต้องการ
2. **ข้อขัดข้องในการติดเครื่อง** (Standby Failure) บางระบบหรืออุปกรณ์บางชิ้นจะต้องติดเครื่อง (Standby) ไว้ตลอด และจะถูกเรียกให้ทำงานเป็นครั้งคราว ข้อขัดข้องนี้อาจเกิดขึ้นในระหว่างที่ไม่ทำงาน, ไม่ทำงานในช่วงที่ถูกสั่งให้ทำ หรือทำให้ระบบอื่นที่เกี่ยวข้อง ขัดข้องไปด้วย
3. **ข้อขัดข้องในการปฏิบัติงาน** (Operation Failure) ระบบหรือองค์ประกอบที่เริ่มต้นและทำงานอย่างถูกต้องเป็นปกติ แต่มีข้อขัดข้องเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานเป็นครั้งคราว

เมื่อได้ทำการพิจารณาหัวข้อต่าง ๆ ข้างต้น สำหรับอุปกรณ์แต่ละตัวแล้ว เราสามารถดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบได้อย่างเป็นระบบต่อไป

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์จุดบกพร่องและผลกระทบของระบบให้ความร้อนในบ้านโดยพิจารณาระดับฟังก์ชั่นหน้าที่การทำงาน

การระบุฟังก์ชัน/อุปกรณ์	วัตถุประสงค์	ความผิดพลาด	กลไกความผิดพลาด	การตรวจสอบ	ผลจากความผิดพลาด	การป้องกัน
1.0 ปล่องไฟ	ปล่อยให้ควันและความร้อนที่มากเกินออกจากบ้าน	1.1 การควบคุมการปล่อยกาซร้อนและควันบกพร่อง	เกิดกองเขม่า, รังนก	การตรวจสอบและเครื่องตรวจควัน	อาจก่อให้เกิดไฟไหม้หรือผู้อยู่อาศัยเป็นอันตรายเนื่องจากหายใจเอาควันพิษเข้าไป	เปิดช่องระบายควันให้กว้างขึ้นและทำการบำรุงรักษาเป็นประจำ
		1.2 โครงสร้างบ้านเก็บความร้อนไว้ในตัวบ้านได้ไม่ดี	การทำงานของฉนวนความร้อนชัดข้อง	การตรวจสอบ	ก่อให้เกิดไฟไหม้	เพิ่มขอบเขตการออกแบบและการศึกษาเรื่องฉนวนความร้อน
		1.3 การถ่ายเทความร้อนชัดข้อง	ไอเสียไหลใกล้หลังคาเกินไป, ขึ้นกับแรงลม	การตรวจสอบ	เกิดไฟไหม้บนหลังคา	ระวังเรื่องความสูงหลังคาและการเปลี่ยนทิศทางของลม
2.0	.....	2.	.....	.....	.....	.....
3.0 ปล่องควัน	.....	3.	.....	.....	.....	.....
4.0 ตะกรันในเตาไฟ	.....	4.	.....	.....	.....	.....
5.0 แหล่งจ่ายกาซ	.....	5.	.....	.....	.....	.....
6.0 วาล์วกาซ	ยอมให้ผ่านหรือปิดกั้นกาซเพื่อจะเข้าเตาเผากาซ	6.1 ไม่สามารถป้องกันการไหลของกาซได้	กาซรั่วรอบ ๆ ซีล	ไม่มี	การรั่วของกาซธรรมชาติทำให้เกิดการติดไฟ, การระเบิด หรือทำอันตรายผู้คน	การศึกษาเรื่องความดันของวาล์วภายใต้สภาวะที่แย่สุด
		6.2 ไม่สามารถป้องกันการไหลของกาซได้	การจับของแผ่นจับมือต่อกับตัววาล์ว(เมื่อเปิด)	ส่วนมากถูกสังเกตโดยผู้ปฏิบัติงาน	เพิ่มอันตราย, ความเสียหายรุนแรงหรือบาดเจ็บ	ทดสอบสม่ำเสมอภายใต้สภาวะแย่สุดดูแลจุดที่น่าจะมีปัญหา
		6.3 ไม่ยอมให้กาซผ่านได้	การจับระหว่างก้านกับตัวโลหะ (เมื่อปิด)	การตรวจสอบหรือสังเกตโดยผู้ปฏิบัติงาน	ความไม่สะดวกแก่การปฏิบัติงานและเกิดความล่าช้าได้	ทดสอบสม่ำเสมอภายใต้สภาวะแย่สุดดูแลจุดที่น่าจะมีปัญหา
7.0 เตาเผากาซ	.....	7.	.....	.....	.....	.....

2.1.3 <u>การวิเคราะห์ความวิกฤต (Criticality Analysis)</u>

เมื่อได้ทำการศึกษาและหาผลกระทบของข้อบกพร่องแล้ว จะต้องพิจารณาต่อไปว่า ผลกระทบข้อใดที่สำคัญและต้องให้ความใส่ใจเป็นอันดับแรก โดยพิจารณาจากความรุนแรงของผลกระทบแต่ละข้อและความน่าจะเป็นที่ข้อบกพร่องนั้นจะเกิดขึ้น ทั้งการวิเคราะห์ฟังก์ชั่นการทำงานและการวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์จะต้องทำการวิเคราะห์ความวิกฤต (Criticality Analysis) ซึ่งเป็นการจัดลำดับผลกระทบของข้อบกพร่องโดยทำการเปรียบเทียบกับผลกระทบข้ออื่น ๆ เช่น จัดลำดับความวิกฤตของระบบ, ระบบย่อย หรืออุปกรณ์ เป็นต้น เมื่อจัดลำดับได้แล้ว ระบบ , ระบบย่อยหรืออุปกรณ์ที่มีผลกระทบของข้อบกพร่องรุนแรงที่สุดจะถูกนำมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนต่อไปเป็นอันดับแรก โดยจะถูกนำมาวิเคราะห์ในรายละเอียดหรือเพิ่มความดูแลเอาใจใส่ในระบบวิศวกรรมโดยเร็วที่สุด เพื่อจะลดความรุนแรงของข้อบกพร่องหรือผลกระทบที่เกี่ยวข้องลง จากนั้น หลักการพาเรโตจะถูกนำมาใช้เพื่อแสดงให้เห็นว่าการพัฒนากระบวนการใดให้ประโยชน์สูงที่สุด

วิธีการจัดลำดับความวิกฤตมีหลายวิธี ในหัวข้อนี้ จะของยกตัวอย่างวิธีหนึ่ง (วิธีอื่นจะมีการยกตัวอย่างไว้ในหัวข้อต่อ ๆ ไป) คือ การใช้สัญลักษณ์หรือปริมาณที่แทนทั้งความน่าจะเป็นที่จะเกิดข้อบกพร่องและความรุนแรงจากผลกระทบของข้อขัดข้อง และได้เพิ่มแถวในแนวตั้งหนึ่งแถวไว้ข้าง ๆ แถวปฏิบัติการเสนอแนะ ในตารางวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA Table) โดยตั้งชื่อว่าความวิกฤตหรือระดับความเสี่ยง และชื่อการวิเคราะห์จะถูกเปลี่ยนเป็นการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบความวิกฤตของข้อบกพร่อง (Functional Mode and Effects Criticality Analysis)

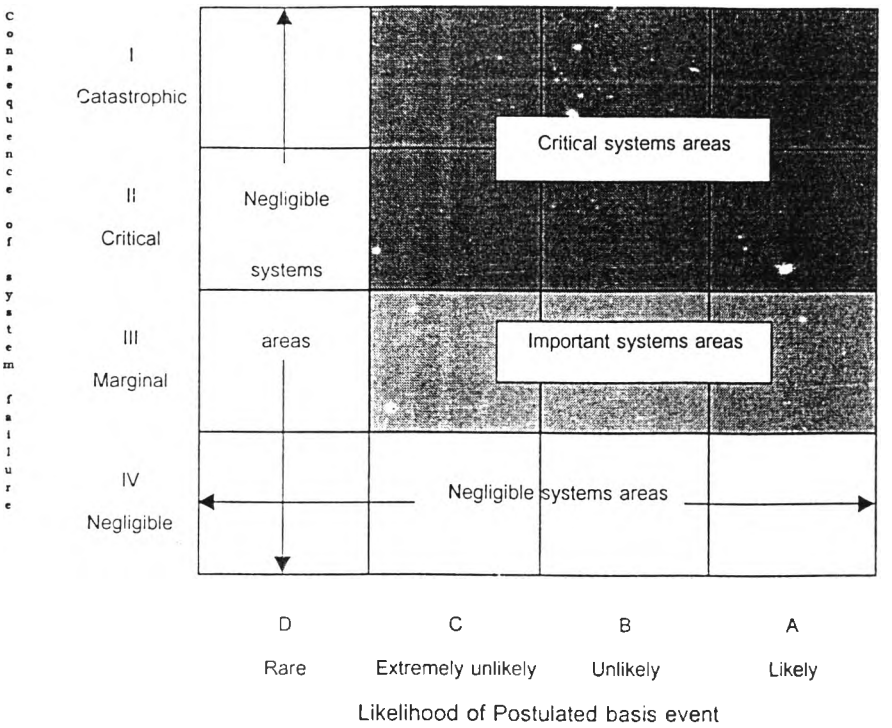
คำจำกัดความและลักษณะที่ใช้ในการจำแนกระดับความวิกฤตเป็นสิ่งสำคัญมาก ตารางที่ 2.3 แสดงระบบการจัดระดับความวิกฤต คำอธิบายในตารางจะทำให้เราจัดลำดับผลกระทบของข้อบกพร่องแต่ละข้อได้ เพราะเมื่อเราทำความเข้าใจกับตาราง , ข้อบกพร่องและผลกระทบที่เกิดขึ้นเป็นอย่างดี เราจะสามารถจัดกลุ่มความน่าจะเป็น ที่จะเกิดข้อบกพร่องและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ การกำหนดโอกาสที่ข้อบกพร่องจะเกิดขึ้นและความรุนแรงของผลกระทบ จะต้องใช้ข้อมูลที่ดี หากมีข้อมูลไม่เพียงพอเราจะต้องมองอย่างรอบครอบไว้ก่อน ว่าข้อบกพร่องมีโอกาสจะเกิดขึ้นได้มาก และมีความรุนแรงของผลกระทบจากข้อลักษณะค่อนข้างร้ายแรง

ตารางที่ 2.3 ตารางระดับความรุนแรงและความเสี่ยง

ระดับความรุนแรง	ผลกระทบที่เกิดกับสาธารณชน, คนงาน หรือสิ่งแวดล้อม
ระดับที่ 1 – catastrophic ทำให้เกิดความหายนะ, ความวิบัติ	ก่อให้เกิดอันตรายถึงขึ้นเสียชีวิต, อุปกรณ์หรือการปฏิบัติงานเกิดความสูญเสียจนไม่สามารถใช้งานได้, เกิดผลกระทบร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อม
ระดับที่ 2 – critical ทำให้เกิดความวิกฤต	ก่อให้เกิดการบาดเจ็บสาหัส โรคร้ายแรงที่เกิดจากการปฏิบัติงาน, อุปกรณ์หรือการปฏิบัติงานเกิดความเสียหายร้ายแรง , เกิดผลกระทบอย่างมากต่อสิ่งแวดล้อม
ระดับที่ 3 – marginal เกิดความเสียหายเล็ก ๆ น้อย ๆ	ก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือโรคภัยจากการปฏิบัติงานเล็กน้อย , เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย
ระดับที่ 4 – negligible ไม่สำคัญ สามารถละเลยได้	ก่อให้เกิดการบาดเจ็บ, โรคภัยจากการปฏิบัติงานหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพียงเล็กน้อยมากจนแทบไม่มีความสำคัญ

คำอธิบาย	สัญลักษณ์	โอกาสหรือช่วงความถี่การเกิด/ปี
มีทีท่า หรือน่าจะเกิดขึ้นได้ (likely)	A	$\geq 10^{-2}$
ไม่มีทีท่า หรือน่าจะเกิดขึ้นได้ (unlikely)	B	$\geq 10^{-4}$
ไม่มีทีท่า หรือ น่าจะเกิดขึ้นได้อย่างมาก (extremely unlikely)	C	$\geq 10^{-6}$
หายากมาก ๆ แทบไม่เคยพบ (rare)	D	$< 10^{-6}$

เมื่อได้จัดลำดับให้ผลกระทบของข้อลักษณะแต่ละข้อจนครบทั้งระบบ เราก็จะรู้ได้ว่าข้อใดที่มีโอกาสเกิดบ่อยที่สุด มีผลกระทบรุนแรงที่สุด มีความวิกฤตมากที่สุดและต้องลงมือแก้ไขปรับปรุงโดยด่วนที่สุด หรือมีความวิกฤตต่ำที่สุดควรลงมือปรับปรุงแก้ไขหลังสุด รูปที่ 2.2 แสดงเมตริกซ์การจัดลำดับโดยมีช่อง 16 ช่อง จากการรวมผลความรุนแรงของข้อขัดข้อง กับโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องทั้ง 16 ช่องนี้ แบ่งได้เป็น 3 พื้นที่คือ พื้นที่วิกฤต (Critical Systems Areas) , พื้นที่สำคัญ (Important System Areas) และพื้นที่ที่สามารถละเลยได้ (Negligible Systems Areas)



รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงและความเสี่ยง

จากหลักการข้างต้น เราสามารถพัฒนาตารางการจัดลำดับขึ้นมาเองตามความเหมาะสม โดยอาจเพิ่มจำนวนระดับความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่องได้ แต่ทั้งนี้จะต้องมีข้อมูลสนับสนุนการวิเคราะห์ที่ดีเพียงพอ และต้องให้คำจำกัดความระดับความรุนแรงแต่ละระดับให้ดี (โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบมักจะทำในช่วงออกแบบ ซึ่งยังเป็นช่วงที่มีข้อมูลไม่เพียงพอ)

2.1.4 <u>การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)</u>

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis หรือ FMEA) เป็นวิธีการในการประเมินระบบ การออกแบบ กระบวนการผลิตหรือการบริการ โดยเป็นแนวทางในการป้องกัน (Preventive approach) ที่ใช้สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต โดยพิจารณาความเป็นไปในการเกิดข้อบกพร่อง และทำการวิเคราะห์หาข้อขัดข้องที่เป็นไปได้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต ค้นหาสาเหตุและผลกระทบจากข้อบกพร่องนั้น ๆ กำหนดวิธีในการตรวจสอบและบ่งชี้ข้อบกพร่อง ประเมินโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง ความรุนแรงอันเกิดจากลักษณะบกพร่อง โอกาสการตรวจพบลักษณะบกพร่อง และทำการกำหนดวิธีป้องกันการเกิดขึ้นอีกของข้อบกพร่องนั้น ๆ ลักษณะของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ

2.1.4.1 <u>การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ด้านการออกแบบ (Design Failure Mode and Effects Analysis : DFMEA)</u>

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ หรือ DFMEA เป็นวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องจากการออกแบบ ด้วยการชี้บ่งและหาทางป้องกันปัญหาด้านศักยภาพที่เกิดจากการออกแบบ โดยการทบทวนการออกแบบประวัติความบกพร่องในอดีตและข้อมูลการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการร้องเรียนจากลูกค้า ผู้ออกแบบจะใช้ข้อมูลช่วยในการจัดลำดับความเสี่ยงในการออกแบบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป การวิเคราะห์จะกระทำภายใต้สมมติฐานที่ว่าชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนได้รับการผลิตที่ถูกต้องไม่มีปัญหาข้อบกพร่องอันเนื่องจากกระบวนการผลิต

2.1.4.2 <u>การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ด้านกระบวนการผลิต(Process Failure Mode and Effects Analysis : PFMEA)</u>

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต ต่างจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ กล่าวคือ จะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของข้อบกพร่องอันเนื่องมาจาก เครื่องมือ เครื่องจักร กระบวนการประกอบและขั้นตอนการผลิตของบริษัทในการผลิตสินค้า การวิเคราะห์จะกระทำภายใต้สมมติฐานที่ว่าชิ้นส่วนทุกชิ้นได้รับการออกแบบมาอย่างถูกต้องไม่มีปัญหาข้อบกพร่องอันเนื่องจากกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.1.5 <u>การพัฒนาการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ</u>

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ มีทั้งการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ (Design Failure Mode and Effects Analysis : DFMEA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการ (Process Failure Mode and Effects Analysis : PFMEA) แต่ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ด้านใด ทั้งคู่ก็มีขั้นตอนในการพัฒนาแบบเดียวกันโดยแบ่งเป็น 17 ขั้นตอนดังนี้

1. เลือกหัวข้อที่จะทำการวิเคราะห์ และกำหนดขอบเขตให้ชัดเจน เช่น ถ้าหัวข้อที่สนใจจะวิเคราะห์ คือประตูรถยนต์ ซึ่งหมายถึงประตูผู้โดยสารไม่รวมถึงฝากระโปรงรถ
2. ชี้บ่งวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด วิธีในการเลือกหัวข้อ ซึ่งวิธีเหล่านี้มีอยู่ 4 วิธีคือ

การวิเคราะห์ แบบบนลงล่าง (Top-Down Analysis) โดยวิเคราะห์ระบบรวมก่อนเช่น เริ่มพิจารณารถยนต์ทั้งคันก่อน แล้วค่อยเจาะลึกลงไปในอุปกรณ์ย่อย เช่น ประตู ที่จับ และ สกรู ตามลำดับ

การวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน (Bottom-Up Analysis) โดยวิเคราะห์ระบบย่อย, ชิ้นส่วนเล็ก ๆ ไปหาระบบใหญ่ซึ่งประกอบด้วยระบบย่อย , ชิ้นส่วนเล็ก ๆ ที่พิจารณาอยู่ วิธีนี้สวนทางกับวิธีแรก

การวิเคราะห์ระดับชิ้นส่วน (Component Analysis) เป็นการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนในระบบ ซึ่งได้นำข้อกำหนดของชิ้นส่วน (Component Specification) มาเป็นตัวกำหนดระดับข้อบกพร่อง

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Functional Analysis) มุ่งเน้นการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของระบบ พิจารณาข้อบกพร่องที่เกิดกับผู้ใช้ผลิตภัณฑ์มากกว่าจากวิศวกร และมักใช้ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (Product Specifications) ในการหาข้อบกพร่อง

ในขั้นตอนนี้จะพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์ความวิกฤต เพราะการวิเคราะห์ความวิกฤตนี้จะต้องใช้ความพยายามมากกว่า แต่จะได้ค่าวัดเป็นปริมาณเพื่อเปรียบเทียบหาลำดับความสำคัญในการแก้ไขข้อบกพร่องและผลกระทบของข้อบกพร่อง

ในการวิเคราะห์ความวิกฤตจะต้องกำหนดวิธีการคำนวณความวิกฤตด้วย ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรใช้ข้อมูลจริง เช่น จากบันทึกของเสียเป็นต้น

3. กำหนดขอบเขตของข้อบกพร่องที่จะวิเคราะห์ เพื่อเป็นขอบเขตในการตรวจสอบ
4. ออกแบบตารางที่เหมาะสมเพื่อการเก็บข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น มีการวัดความวิกฤตหรือไม่ ถ้ามีจะวัดโดยวิธีใด (การออกแบบตารางจะกล่าวละเอียดในขั้นตอนการการดำเนินการ)
5. ชี้บ่งหัวข้อ , อุปกรณ์แต่ละชิ้น หรือระบบย่อยที่น่าจะเกิดข้อบกพร่องขึ้นในขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 2 โดยการตั้งคำถามว่า "จะมีข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดใดเกิดขึ้นได้บ้าง"
6. สำหรับการวิเคราะห์ความวิกฤต ให้กำหนดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องของแต่ละหัวข้อ , อุปกรณ์ , ระบบย่อยที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 5
7. สำหรับการวิเคราะห์ความวิกฤตให้เขียนรายการข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งอาจหาได้โดยการตั้งคำถามว่า "ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นอย่างไรได้บ้าง" เช่นบานพับอาจจะหลวม สึกหรอ หรือแตกหักได้

8. กำหนดคะแนนโอกาสที่ข้อบกพร่องที่ระบุในขั้นตอนที่ 7 จะเกิดขึ้น (P = Probability) ถ้าโอกาสการเกิดข้อบกพร่องของอุปกรณ์หรือระบบย่อยหนึ่ง ๆ ถูกระบุออกมาอย่างครบถ้วนจะได้ว่าผลรวมของโอกาสเกิดข้อบกพร่องจะเป็น 100%
9. วิเคราะห์หาผลกระทบจากข้อบกพร่องแต่ละข้อในขั้นตอนที่ 7
10. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง (S = Severity) และให้คะแนนผลกระทบจากข้อบกพร่องที่ระบุในขั้นตอนที่ 9
11. วิเคราะห์หาวิธีการในการตรวจหาข้อบกพร่อง
12. กำหนดเกณฑ์ให้คะแนนโอกาสในการตรวจพบข้อบกพร่อง (D = Detect)
13. ให้คะแนนโอกาสที่วิธีการตรวจหาข้อบกพร่องในขั้นตอนที่ 11 จะสามารถตรวจพบข้อบกพร่องได้ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นในขั้นตอนที่ 12
14. หาคะแนนความวิกฤตของผลกระทบของข้อบกพร่องที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 9 โดยคิดจาก

    คะแนนความวิกฤตของผลกระทบของข้อบกพร่อง = P x S x D
15. เลือกจุดที่จะแก้ไขโดยพิจารณาจากคะแนนวิกฤตมาก ๆ ควรจะทำการแก้ไขก่อน
16. หาวิธีการป้องกันเพื่อลดความวิกฤตลง
17. ติดตามผลการปฏิบัติการเพื่อลดความวิกฤต และทำการทบทวนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

2.1.6 <u>ประโยชน์ของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ</u>

1. ช่วยในการตัดสินใจหาทางเลือกที่เป็นไปได้ของการออกแบบและกระบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาเลือกค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้
2. ใช้ในการวางแผนปฏิบัติการคุณภาพ เพื่อระบุความเสี่ยงในแต่ละแผน และช่วยในการเตรียมการค้นหาวิธีในการหลีกเลี่ยงปัญหาต่าง ๆ
3. มีประโยชน์สำหรับกรณีที่มีการออกแบบสินค้า หรือกระบวนการผลิตใหม่ ๆ โดยช่วยชี้บ่งและระบุข้อหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องอันมีโอกาสเกิดขึ้นได้จากการออกแบบและกระบวนการผลิต
4. ช่วยลดจุดอันตราย และช่วยในการวางแผน ค้นหาวิธีการในการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อยืนยันว่ากระบวนการผลิตมีความน่าเชื่อถือและสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด
5. ช่วยในการกำหนดข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน และการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เครื่องมือและเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

6. ช่วยในการชี้จุดหรือบริเวณที่มีปัญหาในกระบวนการผลิต ซึ่งในการปฏิบัติงานจะต้องใช้ความระมัดระวังและให้ความสนใจเป็นพิเศษ
7. นำเสนอวิธีการในการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังสำหรับปฏิบัติการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต
8. เป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการทำงานเป็นทีม
9. ช่วยในการรวบรวมข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวางแผนกำหนดคุณลักษณะของกระบวนการ

2.2 การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis) (Ernest J. Henley, John P. Bentley, John W. Priest)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (FMEA) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ประเมินจุดอ่อนจุดแข็งในกระบวนการผลิต FMEA มีข้อดีเหนือกระบวนการอื่น ๆ คือ ทำได้ง่าย , มีความยืดหยุ่นและทำให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์หลาย ๆ ข้อโดยใช้โครงสร้างกระบวนการแก้ไขปัญหาอย่างมีรูปแบบ แต่บางครั้ง FMEA ก็ไม่เหมาะที่จะใช้วิเคราะห์ปัญหาบางประเภท

วิศวกรส่วนใหญ่มักแนะนำให้ทำการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis , FTA) ในการแยกสาเหตุพื้นฐานที่ทำให้เกิดจุดบกพร่องในการวิเคราะห์แบบ FMEA FTA ต่างจาก FMEA ตรงที่ FTA เป็นการวิเคราะห์จากบนลงล่าง (Top Down Approach) วิศวกรจะเริ่มจากการนำเหตุการณ์ที่เป็นจุดบกพร่องสุดท้ายมาอยู่ในระดับบนสุด แล้วเชื่อมจุดบกพร่องที่เป็นสาเหตุของจุดบกพร่องสุดท้ายโดยใช้เกตแสดงตรรก (Logic Gate) เนื่องจาก FTA เป็นการวิเคราะห์แบบปลายเปิด เราจึงสามารถขยายการวิเคราะห์หาสาเหตุไปได้เรื่อย ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดที่สาเหตุพื้นฐานของจุดบกพร่อง ซึ่งเป็นจุดเด่นของ FTA ทำให้ FTA เหมาะกับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากกว่า FMEA

2.2.1 ความเป็นมาของการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง

FTA ถูกคิดค้นขึ้นโดย H.A. Watson แห่ง Bell Telephone Laboratories ในปี 1962 เพื่อวิเคราะห์ Minute-man Launch Control System ต่อมา North American Space Industrial ได้พัฒนา FTA ต่อไปจนกระทั่งเป็นที่รู้จักแพร่หลาย ว่าเป็นวิธีการในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือในผลิตภัณฑ์

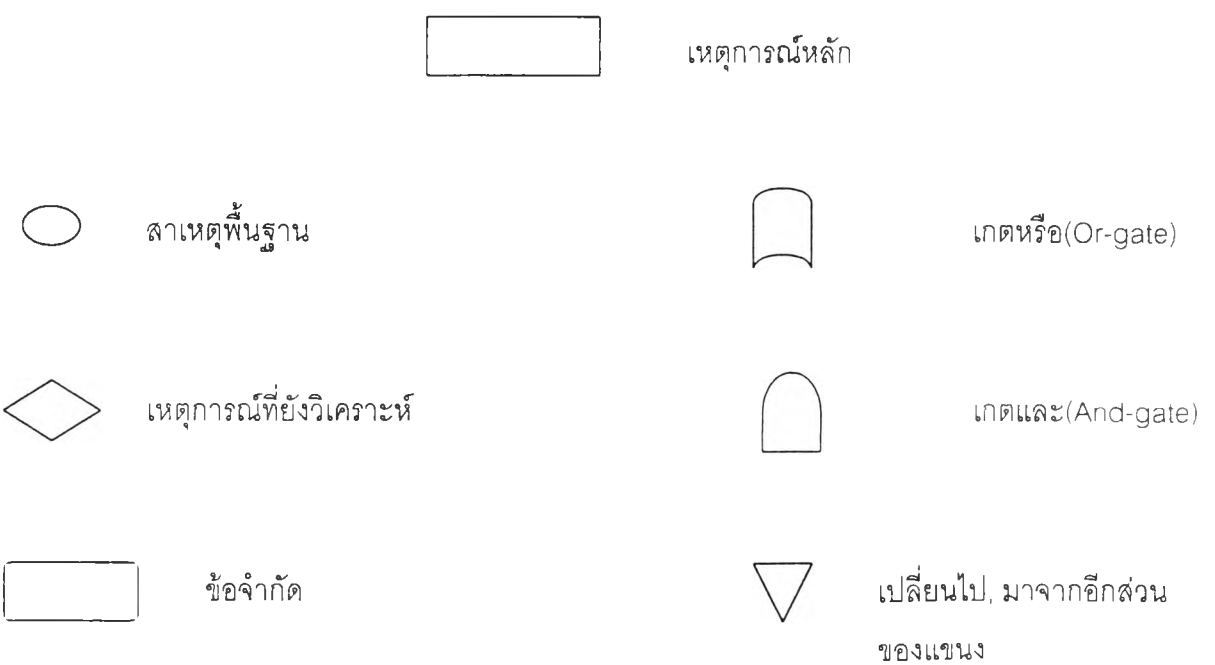
FTA เหมาะกับการวิเคราะห์จุดบกพร่องในระบบที่ซับซ้อนทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ FTA เป็นผังทางตรรกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ในระบบกับสาเหตุของเหตุการณ์นั้น ๆ ซึ่งอยู่ในระดับต่ำลงไปในระบบ J.B. Fussel ได้กล่าวถึงคุณค่าของ FTA ไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์ภายในควบคุมการวิเคราะห์เพื่อสืบหาจุดบกพร่อง
2. ชี้ส่วนของระบบที่มีความสำคัญต่อจุดบกพร่อง
3. มีรูปแบบกราฟฟิกซึ่งช่วยให้เห็นระบบชัดเจนขึ้น
4. เสนอทางเลือกให้สามารถวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ
5. อนุญาตให้ผู้วิเคราะห์สามารถเลือกสนใจระบบย่อยเฉพาะส่วนได้

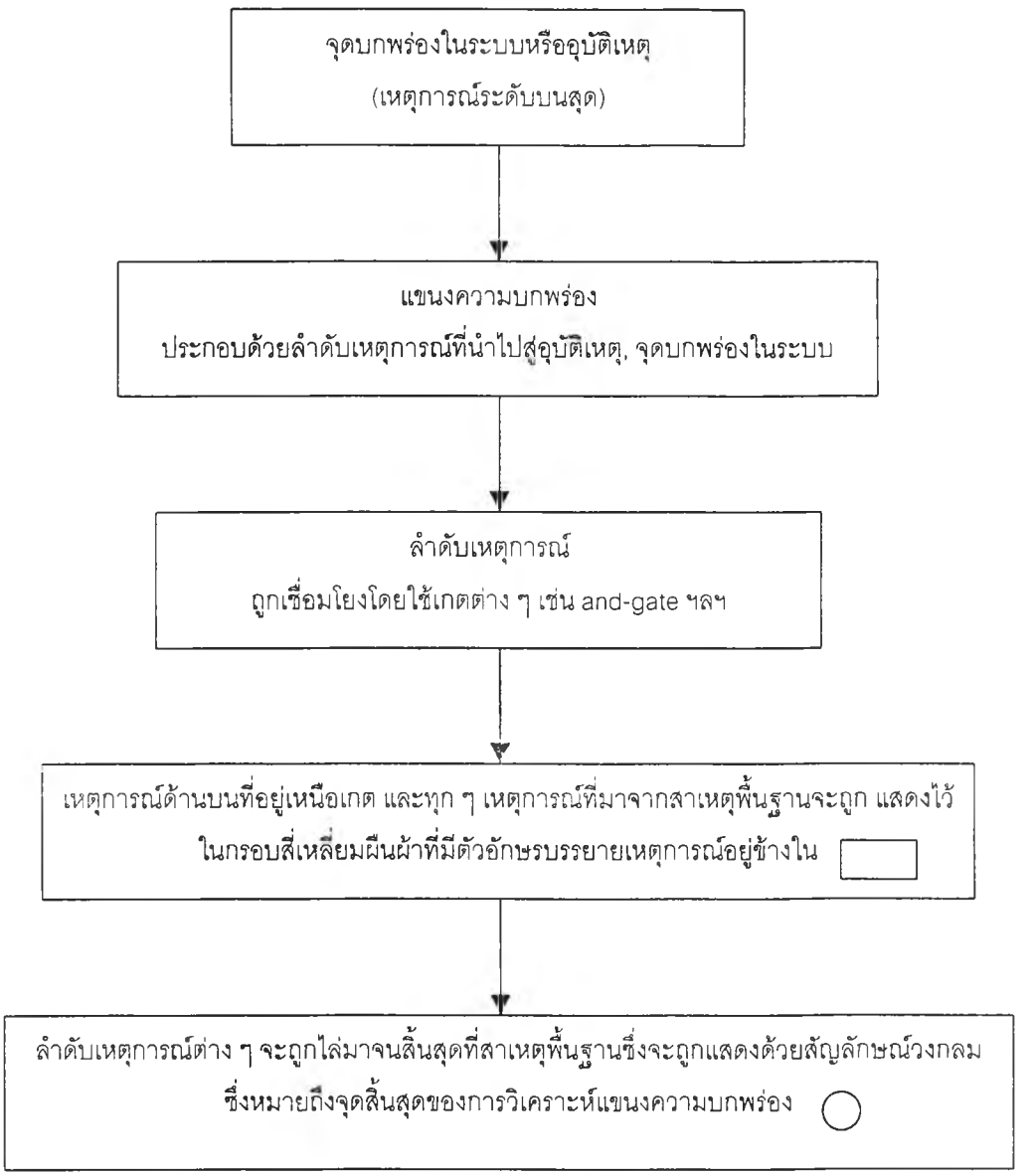
การวิเคราะห์ FTA จะช่วยเพิ่มความเข้าใจในโครงสร้างระบบ ความน่าเชื่อถือของระบบ และช่วยหาจุดบกพร่องของระบบอีกด้วย

2.2.2 **การปฏิบัติการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง**

การออกแบบ FTA เริ่มจากการกำหนดเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาในระดับบนสุดขึ้น จากนั้นพิจารณาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงปรารถนาระดับบนสุดนั้น แล้วใช้เกตตรรกซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ "and-gate" หรือ "or-gate" เชื่อมสาเหตุและเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนานั้นไว้



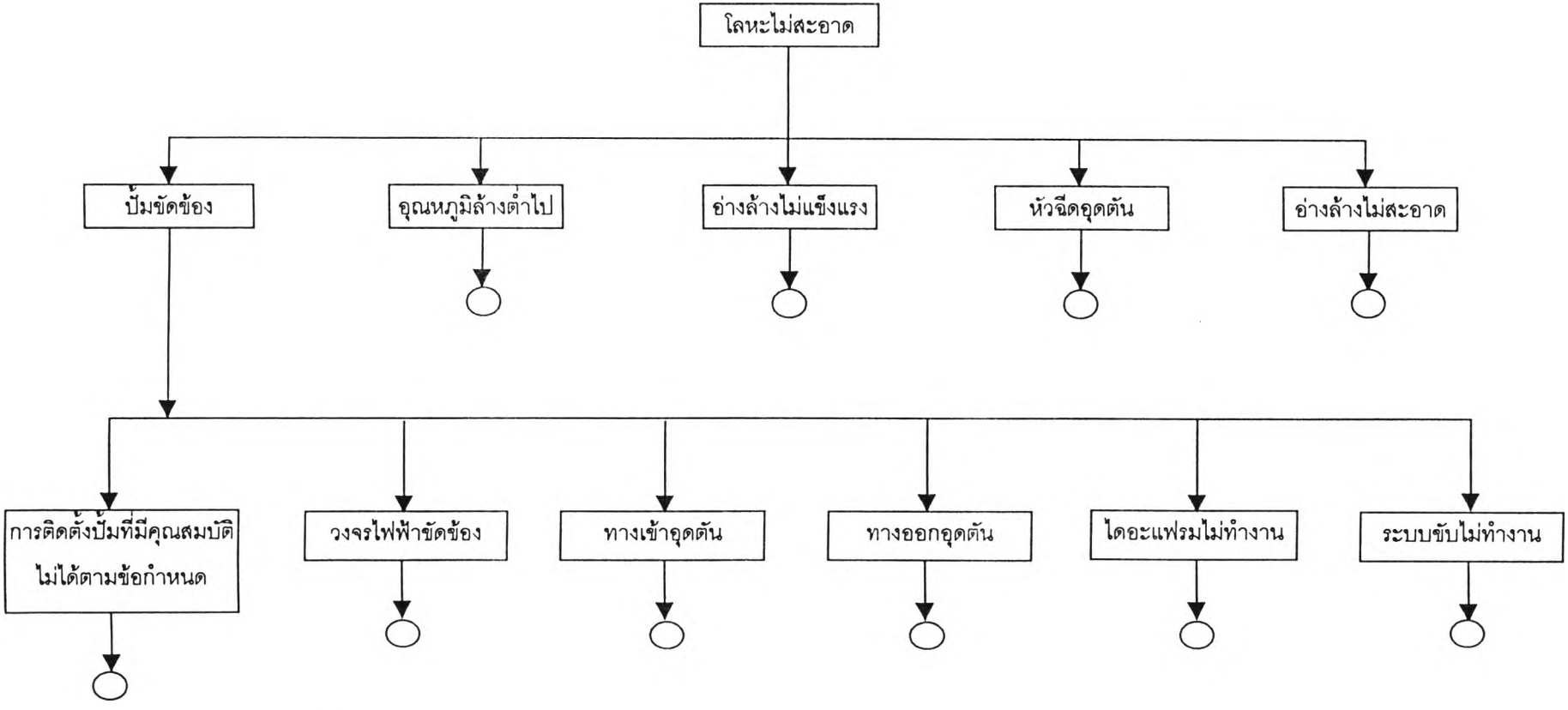
รูปที่ 2.3 แสดงสัญลักษณ์ทั่วไปในการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างพื้นฐานในการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง

จากการวิเคราะห์ "โลหะไม่สะอาด" ซึ่งเป็นเหตุการณ์ระดับบนสุดเป็นจุดบกพร่องในระบบ สาเหตุที่เป็นไปได้ 5 ข้อ ที่ทำให้โลหะไม่สะอาดถูกวิเคราะห์โดยใช้ FMEA ดังที่เห็นเป็นแขนงย่อยออกมาจากด้านล่างของเหตุการณ์ระดับบนสุด 5 แขนง จากนั้นการวิเคราะห์ FMEA ก็ไม่ได้ช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุอีกต่อไป วิศวกรที่ต้องการทราบสาเหตุที่ทำให้ปั๊มขัดข้อง หรืออุณหภูมิในการล้างต่ำเกินไปจะต้องให้เทคนิคอื่น ๆ เพื่อหาสาเหตุเหล่านี้ต่อไป การวิเคราะห์แขนงความบกพร่องของกระบวนการได้เข้ามาช่วยวิศวกรหาสาเหตุเหล่านี้ โดยการแตกแขนงของสาเหตุที่เป็นไปได้ออกไป ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 แสดงการวิเคราะห์แขนงความบกพร่องกรณี "โลหะไม่สะอาด"



○ หมายถึง ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมตามความเหมาะสม

2.2.3 การประสาน FMEA และ FTA ในการวิเคราะห์จุดบกพร่อง

ถึงแม้ FTA จะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มาก แต่ก็ไม่สามารถนำมาใช้ได้ในทุกกรณี ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนา FTA อย่างเต็มรูปแบบจะมีความซับซ้อนมาก เพราะต้องแสดงรูปภาพความสัมพันธ์ของแขนงต่าง ๆ โดยใช้สัญลักษณ์พิเศษแสดงแต่ละเหตุการณ์และแต่ละเกต เมื่อพัฒนาไปเรื่อย ๆ แล้วจะพบว่า FTA นั้นมีความยุ่งยากและอาจจะยากเกินไปสำหรับวิศวกรบางคน

อีกเหตุผลหนึ่งก็คือ FTA เป็นเครื่องมือที่ดีเหมาะสำหรับการป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้น ดังนั้นจึงต้องการให้วิศวกรคาดหมายจุดบกพร่องที่น่าจะเกิดขึ้นล่วงหน้ามากกว่าการวิเคราะห์จุดบกพร่องที่ได้เกิดขึ้นแล้ว ซึ่งการคาดการณ์จุดบกพร่องที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้านี้เป็นงานยาก ต้องใช้ประสบการณ์ ความเข้าใจระบบอย่างลึกซึ้งและการจินตนาการอย่างมาก

ดังนั้น ในการพัฒนากระบวนการผลิตนั้น ควรเริ่มจากการวิเคราะห์ Process FMEA เป็นขั้นตอนทั่ว ๆ ไปในการหาสาเหตุและผลกระทบของจุดบกพร่องก่อน และจัดประเภทจุดบกพร่องตามค่าคะแนนระดับความเสี่ยง (Risk Priority Numbers , RPN) จากนั้นใช้ FTA ในการวิเคราะห์เฉพาะจุดบกพร่องของกระบวนการที่ควบคุมหรือจัดการได้ยาก ซึ่งเป็นจุดบกพร่องที่เราไม่สามารถใช้ FMEA ในการหาสาเหตุเบื้องต้นของมันได้

2.3 The Seven New Tools (William J. Kolarik)

ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศผู้นำในด้านการใช้เครื่องมือทางด้านคุณภาพ โดยได้มีการนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วย ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างงานด้านคุณภาพในการผลิตสินค้า กับงานด้านคุณภาพในการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ คือ ในการผลิตสินค้า โดยปกติทั่วไปมักจะวิเคราะห์จุดบกพร่องและพยายามค้นหาสาเหตุของจุดบกพร่องเหล่านั้น ซึ่งนำไปสู่การวางมาตรการในการแก้ไข ทั้งนี้โดยการอาศัย "ข้อมูลเชิงตัวเลข" ที่สามารถเก็บได้จากกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่าสามารถนำเครื่องมือพื้นฐาน 7 ตัวหรือ seven tools แบบเก่ามาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนการพัฒนาและการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ ไม่มีกิจกรรมที่ทำซ้ำเดิม มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างไม่หยุดยั้ง การเก็บ "ข้อมูลตัวเลข" อาจไม่มีความสำคัญมากนัก สิ่งสำคัญคือ การแสวงหาความคิดใหม่ ๆ เพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เป็นที่ตรงตามความต้องการของลูกค้า ข้อมูลที่ใช้จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับข่าวสารต่าง ๆ เกี่ยวกับความต้องการของลูกค้าในตลาด, ขีดจำกัดต่าง ๆ ทางเทคโนโลยีซึ่งต้องนำมาประมวลเข้าด้วยกัน และใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ทั้งนี้ลักษณะของข้อมูลที่รวบรวมได้มักเป็นแบบ "ข้อมูลเชิงพรรณนา" ซึ่งไม่สามารถใช้เครื่องมือพื้น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฐาน 7 ตัวหรือ seven tools แบบเก่าได้ จึงมีการพัฒนาเครื่องมือชนิดใหม่ขึ้นหรือ seven new tools ซึ่งใช้อย่างได้ผลในประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี พ.ศ 2521

7 new tools เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการที่จะนำมาใช้บนพื้นฐานของความคิดสร้างสรรที่ต้องการจะเพิ่มคุณค่าในตัวผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่ามากเกินกว่าความต้องการของลูกค้า หรือความต้องการที่จะป้องกันข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้นให้มากกว่าที่จะให้ลูกค้าพบได้ เครื่องมือนี้จึงเป็นเครื่องมือที่มีหลักการพื้นฐานคือ

1. เน้นการสร้างสรรค์เพื่อเพิ่มคุณค่ามากกว่าความต้องการของลูกค้า ซึ่งมักใช้กับกรณีผลิตภัณฑ์ใหม่
2. เน้นการป้องกันมากกว่าการแก้ไข

2.3.1 **เครื่องมือของ** seven new tools

1. Affinity Diagram - จัดกลุ่มแนวคิดตามความสัมพันธ์ระหว่างกัน
2. Relations Diagram - เชื่อมโยงแนวคิดตามเหตุผลและลำดับ
3. Systematic Diagram - แสดงวิธี การทำให้บรรลุจุดมุ่งหมาย
4. Matrix Diagram หรือ Quality Table – สรุปความสัมพันธ์ระหว่างกันของคุณลักษณะต่าง ๆ
5. Matrix Data Analysis – จัดรูปแบบ Matrix Diagram แสดงความสัมพันธ์
6. Process Decision Program Chart (PDPC) – ใช้วางแผนรับมือและแก้ไขล่วงหน้า
7. Arrow Diagram - วางกำหนดการของงาน

เครื่องมือดังกล่าวจะมีความเกี่ยวเนื่องกัน การใช้เครื่องมือเหล่านี้จะทำให้ออกแบบได้ดีขึ้นในเวลาที่สั้นลง และจะใช้ได้ดีที่สุดเมื่อทุกส่วนขององค์กรให้ความร่วมมือใช้เครื่องมือนี้ด้วย

2.3.1.1 **แผนภาพเปรียบเทียบกลุ่มความคิด** (Affinity Diagram)

เป็นแผนภาพที่ได้จากการระดมสมอง (brainstorming) โดยสมาชิกกลุ่มแต่ละคนจะเขียนความคิดของตนเองลงในกระดาษที่มีลักษณะเป็นการ์ด จากนั้นจะมีการรวบรวมความคิดต่าง ๆ เป็นกลุ่มแบ่งตามลักษณะแนวคิดที่คล้ายกัน เพื่อการเปรียบเทียบและตัดสินใจ เครื่องมือชนิดนี้ใช้ในกรณีที่ยังมองสภาวะการณ์ได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยข้อมูลต่างๆ จะถูกรวบรวมในลักษณะเชิงพรรณนา ซึ่งอาศัยข้อเท็จจริง การประมาณค่า การคาดคะเน การประเมินสถานการณ์ ตลอดจนความคิดเห็นต่างๆ

ผลที่เกิดจากการใช้เครื่องมือนี้

1. กำหนดปัญหาได้ชัดเจน ปัญหาที่ซับซ้อนจะถูกแยกแยะ ทำให้เห็นโครงสร้างของปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น
2. นำไปสู่ข้อสรุปร่วมระหว่างสมาชิกกลุ่ม เนื่องจากสมาชิกมีความเข้าใจในตัวปัญหาอย่างชัดเจน เป็นผลทำให้เกิดความร่วมมือในกลุ่มดีขึ้น สนับสนุนการทำงานเป็นทีม

2.3.1.2 **แผนภาพแสดงความสัมพันธ์** (Relations Diagram)

เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่ได้จากการทำ Affinity Diagram โดยที่ลักษณะความสัมพันธ์เป็นไปอย่างซับซ้อนเช่น ความสัมพันธ์ของสาเหตุต่างๆ ของปัญหาที่เกิดขึ้น ขณะเดียวกัน สาเหตุต่าง ๆ เหล่านั้นก็มีความสัมพันธ์กันเองด้วย ทั้งนี้ แผนภาพชนิดนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อตัวปัญหาได้ถูกกำหนดอย่างชัดเจนแล้ว

ประโยชน์ของแผนภาพชนิดนี้

1. ชี้บ่ง และแยกประเภทของปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดปัญหา
2. แสดงลักษณะของปัจจัยแต่ละปัจจัยให้เห็นอย่างชัดเจน
3. แสดงตำแหน่งของปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหา ในลักษณะลำดับของสาเหตุและผลกระทบต่อปัญหา
4. มีการโยงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ เข้าเป็นระบบ ทำให้ได้ภาพรวมของปัญหา

2.3.1.3 **แผนภาพต้นไม้** (Systematic or Tree Diagram)

ใช้เพื่อค้นหาวิถีทางที่ดีที่สุด เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ การเขียนแผนภาพจะเริ่มจาก การเขียนเป้าหมายสุดท้ายที่เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการ จากนั้นค้นหาแนววิถีทางที่จะนำไปสู่เป้าหมายนั้นย้อนขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงสิ่งที่เห็นได้ชัดเจนและปฏิบัติได้ การเขียนแผนภาพจะทำให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างเป็นระบบ และแนวทางในการบรรลุเป้าหมายที่ต้องการถูกแสดงอย่างครบถ้วน

2.3.1.4 **แผนภาพตารางเมตริกซ์** (Matrix Diagram)

เป็นแผนภาพที่อาศัยประโยชน์จากการเกิดจุดตัดในตารางที่มี การจัดในรูปแบบที่เหมาะสม แล้วนำไปสู่การแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในกรณีที่ปัญหามีลักษณะความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน เช่น การแก้

ปัญหาที่ต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวปัญหา สาเหตุ และทำการค้นหาวิธีการแก้ไข ซึ่งต้องพิจารณาหลายด้านพร้อมกัน การใช้แผนภาพนี้ในรูปแบบที่เหมาะสม จะช่วยในการกำหนดขอบเขตของปัญหาและเลือกวิถีทางในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผล

2.3.1.5 **การวิเคราะห์ข้อมูลแบบตารางเมตริกซ์** (Matrix – Data Analysis)

เป็นการจัดข้อมูลลงในตาราง เพื่อให้สรุปผลจากข้อมูลได้สะดวกมากยิ่งขึ้นเป็นเครื่องมือชนิดเดียวในชุดนี้ ที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์ "ข้อมูลตัวเลข" เครื่องมือชนิดนี้มีประโยชน์พื้นฐานในการนำไปสู่การใช้เทคนิคสถิติที่มีประสิทธิผลมากขึ้น คือ เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว

2.3.1.6 **แผนภูมิการตัดสินใจ** (Process Decision Program Chart , PDPC)

เป็นการวางแผนเพื่อนำไปสู่ผลสำเร็จที่ดีในการทำงาน ถ้าคาดว่าในการทำงานจะมีบางขั้นตอนซึ่งอาจเกิดผลได้หลายแบบ และไม่สามารถทราบล่วงหน้าได้ว่า จะเกิดผลแบบใดก่อน PDPC จะช่วยแสดงการตัดสินใจในขั้นตอนต่างๆ ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น (ลักษณะเดียวกับ flow chart ของการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์)

2.1.3.7 **แผนภาพลูกศร** (Arrow Diagram)

เป็นแผน ภาพแสดงการจัดลำดับการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนและเงื่อนไขเวลา โดยใช้ลูกศรเป็นสัญลักษณ์แสดงขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ และมีตัวเลขเวลาการทำงานกำกับไว้ด้วย Arrow Diagram คือวิธีการของ PERT/CPM นั่นเอง

การเขียน Arrow Diagram มีประโยชน์ดังนี้

1. เป็นการกำหนดตารางการทำงานอย่างละเอียด โดยมีเงื่อนไขทางด้านเวลามาประกอบ
2. ทราบขั้นตอนที่สำคัญ ที่จะต้องรักษาเวลาในการที่จะให้งานเสร็จตามกำหนด
3. ใช้ประเมินผลกระทบอันเกิดจากการปรับเปลี่ยนแผนงาน หรือความล่าช้าในขณะทำงานและปรับตารางการทำงานให้เหมาะสม